



⑮ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ Offenlegungsschrift  
⑩ DE 198 35 594 A 1

⑤① Int. Cl.7:  
F 02 B 37/007  
F 02 B 37/24  
F 02 B 37/16

⑳ Aktenzeichen: 198 35 594.7  
㉔ Anmeldetag: 6. 8. 1998  
㉕ Offenlegungstag: 10. 2. 2000

DE 198 35 594 A 1

⑦① Anmelder:  
AUDI AG, 85057 Ingolstadt, DE

⑦② Erfinder:  
Ganz, Michael, 74196 Neuenstadt, DE

⑤⑥ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
zu ziehende Druckschriften:

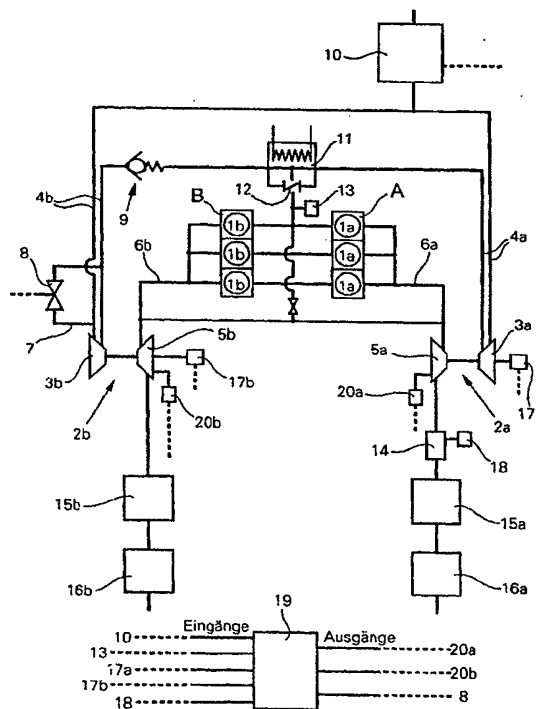
DE 38 24 373 C1  
DE 43 10 148 A1

JP 1-195921 A., In: Patents Abstracts of Japan,  
M-888, Nov. 7, 1989, Vol. 13, No. 489;

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑤④ Mehrzylindrige Brennkraftmaschine

⑤⑦ Bei einer mehrzylindrigen Brennkraftmaschine mit einem ersten Abgasturbolader 2a, dessen Verdichter 3a in einem ersten Abgasstrang 4a angeordnet ist und dessen Turbine 5a an einen ersten Abgasstrang 6a angeschlossen ist, und mit wenigstens einem weiteren Abgasturbolader 2b, dessen Verdichter 3b in wenigstens einem weiteren Ansaugstrang 4b angeordnet ist und dessen Turbine 5b an wenigstens einen weiteren Abgasstrang 6b angeschlossen ist, wobei der erste und der wenigstens eine weitere Abgasstrang 6a, 6b stromauf des ersten und des wenigstens einen weiteren Abgasturboladers 2a, 2b miteinander in Verbindung stehen, wird vorgeschlagen, daß zumindest die wenigstens eine weitere der beiden Turbinen 5a, 5b mit beweglichen Luftleiteteilen ausgestattet ist, wodurch deren Durchgangsöffnungen für das Abgas aus dem ersten bzw. dem wenigstens einen weiteren Abgasstrang 6a, 6b vollständig verschließbar sind. Damit wird erfindungsgemäß erreicht, daß ein kostspieliges Zuschaltventil im Abgasstrang 6a, 6b eingespart werden kann und daß ein optimiertes Ansprechverhalten aller Abgasturbolader 2a, 2b erreicht wird.



DE 198 35 594 A 1

## Beschreibung

Die vorliegende Erfindung betrifft eine mehrzylindrige Brennkraftmaschine mit einem ersten Abgasturbolader, dessen Verdichter in einem ersten Ansaugstrang angeordnet ist und dessen Turbine an einen ersten Abgasstrang angeschlossen ist, und mit wenigstens einem weiteren Abgasturbolader, dessen Verdichter in wenigstens einem weiteren Ansaugstrang angeordnet ist und dessen Turbine an wenigstens einen weiteren Abgasstrang angeschlossen ist, wobei der erste und der wenigstens eine weitere Ansaugstrang sowie der erste und der wenigstens eine weitere Abgasstrang stromauf des ersten und des wenigstens einen weiteren Abgasturboladers miteinander in Verbindung stehen.

Darüber hinaus betrifft die vorliegende Erfindung ein Verfahren zum Betreiben einer solchen mehrzylindrigen Brennkraftmaschine.

Eine gattungsgemäße Brennkraftmaschine mit zwei Abgasturboladern sowie ein Verfahren zum Betreiben dieser Brennkraftmaschine ist beispielsweise aus der Druckschrift DE 34 20 015 A1 bekannt. Dort sind die Zylinder der Brennkraftmaschine zu zwei Gruppen zusammengefaßt, denen jeweils ein Abgasturbolader zugeordnet ist, wobei der erste Turbolader ständig in Betrieb ist, während der zweite Turbolader erst durch das Öffnen eines in seiner Abgasleitung eingebauten Zuschaltventils in Betrieb gesetzt wird. Bei diesem Zuschaltventil handelt es sich jedoch um ein äußerst kostspieliges Bauteil, da es sehr temperaturbeständig und besonders strömungsgünstig ausgebildet sein muß. Gesteuert wird das Zuschaltventil dort in Abhängigkeit von verschiedenen Kenngrößen der Brennkraftmaschine, nämlich Stellung der Drosselklappe und Drehzahl der Brennkraftmaschine.

Ausgehend von diesem Stand der Technik ist es Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine mehrzylindrige Brennkraftmaschine mit zwei oder mehreren Abgasturboladern zu konzipieren, die ohne ein derart kostspieliges Zuschaltventil auskommt. Zudem soll die Brennkraftmaschine mit allen Abgasturboladern in verbesserter Weise an die jeweils herrschenden Betriebsbedingungen angepaßt werden können.

Ferner ist es Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren zum Betreiben einer solchen Brennkraftmaschine bereitzustellen.

Vorrichtungsgemäß wird die Aufgabe durch eine Brennkraftmaschine mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Indem zumindest die Turbine des wenigstens einen weiteren Abgasturboladers mit beweglichen Luftleitelementen ausgestattet ist, wodurch deren Durchgangsöffnungen für das Abgas aus dem ersten bzw. dem wenigstens einen weiteren Abgasstrang vollständig verschließbar sind, kann das kostspielige Zuschaltventil im Abgasstrang entfallen und kann in Abhängigkeit von den Betriebsbedingungen der Brennkraftmaschine zu der ersten Turbine die wenigstens eine weitere Turbine hinzugeschaltet oder von der ersten Turbine auf die wenigstens eine weitere Turbine umgeschaltet werden. Zudem können die Abgasturbolader aufgrund ihrer variablen Turbinengeometrien in besonders guter Weise an die jeweils herrschenden Betriebsbedingungen angepaßt werden.

Bevorzugt sind die beweglichen Luftleitelemente der ersten und/oder der wenigstens einen weiteren Turbine in Abhängigkeit vom Luftmassenstrom im gesamten Ansaugstrang steuerbar. Denn der Luftmassenstrom stellt ein eindeutiges Kriterium für die Zuschaltung des wenigstens einen weiteren Abgasturboladers dar, wodurch eine unzulässig hohe Belastung des ersten Abgasturboladers ausgeschlossen werden kann.

Die beweglichen Luftleitelemente können aber auch in

Abhängigkeit vom Ladedruck im gesamten Ansaugstrang steuerbar sein.

Besonders bevorzugt sind die beweglichen Luftleitelemente der ersten und/oder der wenigstens einen weiteren Turbine in Abhängigkeit von der Drehzahl des ersten bzw. des wenigstens einen weiteren Abgasturboladers steuerbar. Sind die beweglichen Luftleitelemente der ersten und/oder der wenigstens einen weiteren Turbine darüber hinaus in Abhängigkeit von der Differenz der Drehzahlen des ersten und des wenigstens einen weiteren Abgasturboladers steuerbar, so können dadurch Unsymmetrien in der Luft- und Abgasführung der Abgasturbolader sowie unterschiedliche Bauformen oder verschiedene Dimensionierungen kompensiert werden.

Schließlich kann aber auch eine Steuerung des Luftleitelemente in Abhängigkeit von der Abgastemperatur im Bereich des Vorkatalysators im ersten Abgasstrang erfolgen. Dadurch können die Abgase unterhalb der Anspringtemperatur der Hauptkatalysatoren in erster Linie über den ersten Abgasstrang geleitet werden, so daß der wenigstens eine weitere Abgasstrang ohne einen Vorkatalysator auskommt.

Die vorstehenden Varianten könnten ohne weiteres auch miteinander kombiniert werden.

Vorteilhaft ist der erste Abgasturbolader, der ständig in Betrieb ist, kleiner dimensioniert als der wenigstens eine weitere Abgasturbolader, der nur zeitweise in Betrieb ist. Damit ist gewährleistet, daß der erste Abgasturbolader im unteren Lastbereich der Brennkraftmaschine ein optimales Ansprechverhalten zeigt und der wenigstens eine weitere größer dimensionierte Abgasturbolader im oberen Lastbereich der Brennkraftmaschine eine ausreichend große Luftmenge vorverdichten kann.

Selbstverständlich kann der erste Abgasturbolader, der ständig in Betrieb ist aber auch größer dimensioniert sein als der wenigstens eine weitere Abgasturbolader, der nur zeitweise in Betrieb ist.

Für den Verdichter des wenigstens einen weiteren Abgasturboladers im wenigstens einen weiteren Ansaugstrang ist eine Umluftleitung mit einem Umluftventil angeordnet. Dieses Umluftventil verhindert, daß der Verdichter des wenigstens einen weiteren Abgasturboladers pumpt. Das Umluftventil wird in Abhängigkeit vom Luftmassenstrom oder Ladedruck im gesamten Ansaugstrang, der Drehzahl des ersten bzw. des wenigstens einen weiteren Abgasturboladers und/oder der Abgastemperatur im ersten Abgasstrang gesteuert.

Zweckmäßig ist für den Verdichter des wenigstens einen weiteren Abgasturboladers im weiteren Ansaugstrang ein selbsttätig schaltendes Zuschaltventil vorgesehen, welches stromab des Verdichters angeordnet und beispielsweise als Rückschlagventil ausgebildet ist, so daß es keiner äußeren Ansteuerung bedarf.

Verfahrensgemäß wird die Aufgabe gelöst, indem die beweglichen Luftleitelemente der wenigstens einen weiteren Turbine bis zum Erreichen eines ersten Werts des Luftmassenstroms oder Ladedrucks im gesamten Ansaugstrang, der Drehzahl des ersten Abgasturboladers und/oder der Abgastemperatur im ersten Abgasstrang geschlossen sind.

Und in einer Weiterbildung des Verfahrens werden die beweglichen Luftleitelemente der wenigstens einen weiteren Turbine ab dem Erreichen eines gegenüber dem ersten Wert geringeren weiteren Werts wieder geschlossen. Dadurch werden die beweglichen Luftleitelemente mit einer gewissen Hysterese geschaltet, was für den Betrieb der Brennkraftmaschine vorteilhaft ist, da unnötig häufiges Öffnen und Schließen der beweglichen Luftleitelemente vermieden wird.

Die vorliegende Erfindung wird beispielhaft unter Bezug-

nahme auf die nachfolgende Zeichnungsfigur näher erläutert:

Die Figur zeigt ein Blockschaltbild einer erfindungsgemäßen Diesel-Brennkraftmaschine mit einem ersten und einem zweiten Abgasturbolader.

Die Brennkraftmaschine weist eine erste Gruppe A von jeweils drei Zylindern 1a sowie eine zweite Gruppe B von jeweils drei Zylindern 1b auf, welche V-förmig zueinander angeordnet sind.

Der ersten Gruppe A von Zylindern 1a ist ein erster Abgasturbolader 2a zugeordnet, dessen Verdichter 3a in einem ersten Ansaugstrang 4a angeordnet ist und dessen Turbine 5a an einen ersten Abgasstrang 6a angeschlossen ist. Dabei ist die Turbine 5a des ersten Abgasturboladers 2a mit beweglichen Luftleitelementen ausgestattet, um eine variable Turbinengeometrie zu erhalten, was im vorliegenden Ausführungsbeispiel eine optimale Abstimmung auf die im unteren Lastbereich der Brennkraftmaschine herrschenden Betriebsbedingungen ermöglicht.

Und der zweiten Gruppe B von Zylindern 1b ist ein zweiter Abgasturbolader 2b zugeordnet, dessen Verdichter 3b in einem zweiten Ansaugstrang 4b angeordnet ist und dessen Turbine 5b an einen zweiten Abgasstrang 6b angeschlossen ist. Die Turbine 5b des zweiten Abgasturboladers 2b ist dort mit beweglichen Luftleitelementen ausgestattet, um deren Durchgangsöffnungen für das Abgas aus dem ersten bzw. zweiten Abgasstrang 6a, 6b vollständig zu verschließen oder um im Zweiladerbetrieb mit dem ersten Abgasturbolader 2a synchronisierbar zu sein. Im zweiten Ansaugstrang 4b ist eine Umluftleitung 7 mit einem Umluftventil 8 vorgesehen, wodurch der Verdichter 3b des zweiten Abgasturboladers 2b umgangen werden kann. Ebenfalls im zweiten Ansaugstrang 4b stromab des Verdichters 3b ist ein selbsttätig schaltendes Zuschaltventil 9 angeordnet.

Der erste und zweite Ansaugstrang 4a, 4b stehen stromauf und stromab der Verdichter 3a, 3b der beiden Abgasturbolader 2a, 2b direkt miteinander in Verbindung, wobei stromauf ein gemeinsamer Luftmassenmesser 10 und stromab ein gemeinsamer Ladeluftkühler 11 vorgesehen ist. Der Luftmassenmesser 10 ermittelt den Luftmassenstrom  $m$  im gesamten Ansaugstrang 4 bzw. dem ersten und zweiten Ansaugstrang 4a, 4b. Zudem ist im Ansaugstrang 4 stromab des Ladeluftkühlers 11 und stromab der Drosselklappe 12 ein Ladedruckmesser 13 vorgesehen, welcher den Ladedruck  $p$  im gesamten Ansaugstrang 4 bzw. dem ersten und zweiten Ansaugstrang 4a, 4b erfaßt.

Der erste und zweite Abgasstrang 6a, 6b stehen hingegen nur stromauf der Turbinen 5a, 5b der beiden Abgasturbolader 2a, 2b direkt miteinander in Verbindung. Im ersten Abgasstrang 6a schließen sich stromab der Turbine 5a ein Vorkatalysator 14, ein Hauptkatalysator 15a sowie ein Schalldämpfer 16a an. Und im zweiten Abgasstrang 6b schließen sich stromab der Turbine 5b ein Hauptkatalysator 15b sowie ein Schalldämpfer 16b an.

Zum Erfassen der Drehzahlen  $n_1$ ,  $n_2$  des ersten bzw. zweiten Abgasturboladers 2a, 2b sind zwei dem ersten und zweiten Abgasturbolader 2a, 2b zugeordnete Drehzahlmesser 17a, 17b vorgesehen.

Ferner ist im Bereich des Vorkatalysators 14 im ersten Abgasstrang 6a ein Abgastemperaturmesser 18 vorgesehen, der die Abgastemperatur  $T$  ermittelt.

Die Signale des Luftmassenmessers 10, des Ladedruckmessers 13 der beiden Drehzahlmesser 17a, 17b und des Abgastemperaturmessers 18 werden den Eingängen eines Steuergeräts 19 zugeführt. Dieses Steuergerät 19 steht ausgangsseitig mit einem ersten und zweiten Stellorgan 20a, 20b für die beweglichen Luftleitelemente der Turbinen 5a, 5b des ersten und zweiten Abgasturboladers 2a, 2b sowie

mit dem Umluftventil 8 im zweiten Ansaugstrang 4b in Verbindung, so daß diese in Abhängigkeit von den eingangsseitig zugeführten Größen, Luftmassenstrom  $m$ , Ladedruck  $p$ , Drehzahlen  $n_1$ ,  $n_2$  und Abgastemperatur  $T$  gesteuert werden.

Im unteren Lastbereich der Brennkraftmaschine, das heißt bis zum Erreichen eines vorbestimmten ersten Werts des Luftmassenstroms  $m$ , werden die beweglichen Luftleitelemente der Turbine 5a des ersten Abgasturboladers 2a von dem ersten Stellorgan 20a unter einem jeweils optimalen Winkel geöffnet, so daß der erste Abgasturbolader 2a in Betrieb ist, während die beweglichen Luftleitelemente der Turbine 5b des zweiten Abgasturboladers 2b von dem zweiten Stellorgan 20b geschlossen gehalten werden, so daß der zweite Abgasturbolader 2b außer Betrieb ist.

Oberhalb des vorbestimmten ersten Werts des Luftmassenstroms  $m$  werden die beweglichen Luftleitelemente der Turbine 5a des ersten Abgasturboladers 2a vom Stellorgan 20a weitgehend offen gehalten, während nunmehr auch die beweglichen Luftleitelemente der Turbine 5b des zweiten Abgasturboladers 2b vom Stellorgan 20b unter einem bestimmten Winkel geöffnet werden, wodurch dann auch der zweite Abgasturbolader 2b in Betrieb geht. Damit wird erst jetzt der zweite Abgasstrang 6b mit Abgas beaufschlagt, so daß im zweiten Abgasstrang 6b ein Vorkatalysator entfallen kann. Das Entfallen eines solchen Vorkatalysators im zweiten Abgasstrang kann darüber hinaus unterstützt werden, wenn das Steuergerät 19 wie im vorliegenden Fall auch die Abgastemperatur  $T$  im Bereich des Vorkatalysators 14 im ersten Abgasstrang 6a verarbeitet.

Fällt der Luftmassenstrom  $m$  unter den vorbestimmten ersten Wert, so werden die beweglichen Luftleitelemente der Turbine 5b des zweiten Abgasturboladers 2b vom Stellorgan 20b wieder in ihre Schließstellung bewegt, wobei eine gewisse Hysterese eingehalten werden sollte, um ein fortwährendes Öffnen und Schließen zu vermeiden.

Außer dem Luftmassenstrom  $m$  verarbeitet das Steuergerät 19 im vorliegenden Ausführungsbeispiel auch die Drehzahlen  $n_1$ ,  $n_2$  der beiden Abgasturbolader 2a, 2b bzw. deren Differenz  $n_1 - n_2$ , um einen möglichst sanften Übergang vom Betrieb mit nur dem ersten Abgasturbolader 2a auf den Betrieb mit beiden Abgasturboladern 2a, 2b und umgekehrt zu gewährleisten. Denn speziell in diesem Übergangsbereich können Unsymmetrien der beiden Abgasstränge 6a, 6b, wie sie insbesondere durch verschieden ausgebildete erste und zweite Abgasturbolader 2a, 2b verursacht werden, anhand der Drehzahlen  $n_1$ ,  $n_2$  der beiden Abgasturbolader 2a, 2b ausgeglichen werden.

#### Patentansprüche

##### 1. Mehrzylindrige Brennkraftmaschine mit

- einem ersten Abgasturbolader, dessen Verdichter in einem ersten Ansaugstrang angeordnet ist und dessen Turbine an einen ersten Abgasstrang angeschlossen ist, und
- wenigstens einem weiteren Abgasturbolader, dessen Verdichter in wenigstens einem weiteren Ansaugstrang angeordnet ist und dessen Turbine an wenigstens einen weiteren Abgasstrang angeschlossen ist, wobei der erste und der wenigstens eine weitere Ansaugstrang sowie der erste und der wenigstens eine weitere Abgasstrang stromauf des ersten und des wenigstens einen weiteren Abgasturboladers miteinander in Verbindung stehen, **dadurch gekennzeichnet**, daß zumindest die Turbine (5a, 5b) des wenigstens einen weiteren Abgasturboladers (2a, 2b) mit beweglichen Luft-

leitelementen ausgestattet ist, wodurch deren Durchgangsöffnungen für das Abgas aus dem ersten bzw. dem wenigstens einen weiteren Abgasstrang (6a, 6b) vollständig verschließbar sind.

2. Brennkraftmaschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die beweglichen Luftleitelemente der ersten und/oder der wenigstens einen weiteren Turbine (5a, 5b) in Abhängigkeit vom Luftmassenstrom (m) im gesamten Ansaugstrang (4) steuerbar sind. 5
3. Brennkraftmaschine nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die beweglichen Luftleitelemente der ersten und der wenigstens einen weiteren Turbine (5a, 5b) in Abhängigkeit vom Ladedruck (p) im gesamten Ansaugstrang (4) steuerbar sind. 10
4. Brennkraftmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die beweglichen Luftleitelemente der ersten und/oder der wenigstens einen weiteren Turbine (5a, 5b) in Abhängigkeit von der Drehzahl ( $n_1$ ,  $n_2$ ) des ersten bzw. des wenigstens einen weiteren Abgasturboladers (2a, 2b) steuerbar sind. 15 20
5. Brennkraftmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die beweglichen Luftleitelemente der ersten und/oder der wenigstens einen weiteren Turbine (5a, 5b) in Abhängigkeit von der Differenz der Drehzahlen ( $n_1 - n_2$ ) des ersten und des wenigstens einen weiteren Abgasturboladers (2a, 2b) steuerbar sind. 25
6. Brennkraftmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die beweglichen Luftleitelemente der ersten und der wenigstens einen weiteren Turbine (5a, 5b) in Abhängigkeit von der Abgastemperatur (T) im ersten Abgasstrang (6a) steuerbar sind. 30
7. Brennkraftmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß der erste Abgasturbolader (2a), der ständig in Betrieb ist, kleiner dimensioniert ist als der wenigstens eine weitere Abgasturbolader (2b), der nur zeitweise in Betrieb ist. 35
8. Brennkraftmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß für den Verdichter (3b) des wenigstens einen weiteren Abgasturboladers (2b) im wenigstens einen weiteren Ansaugstrang (4b) eine Umgehungsleitung (7) mit einem Umgehungsventil (8) angeordnet ist. 40
9. Brennkraftmaschine nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß das Umgehungsventil (8) in Abhängigkeit von dem Luftmassenstrom (m) und Ladedruck (p) im gesamten Ansaugstrang (4), der Drehzahl ( $n_1$ ,  $n_2$ ) des ersten bzw. des wenigstens einen weiteren Abgasturboladers (2a, 2b) und/oder der Abgastemperatur (T) im ersten Abgasstrang (6a) steuerbar ist. 45 50
10. Brennkraftmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß für den Verdichter (3b) des wenigstens einen weiteren Abgasturboladers (2b) im wenigstens einen weiteren Ansaugstrang (4b) ein selbsttätig schaltendes Zuschaltventil (9) vorgesehen ist. 55
11. Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß die beweglichen Luftleitelemente der wenigstens einen weiteren Turbine (2b) bis zum Erreichen eines ersten Werts des Luftmassenstroms (m), des Ladedrucks (p) im gesamten Ansaugstrang (4), der Drehzahl ( $n_1$ ) des ersten Abgasturboladers (2a) und/oder der Abgastemperatur (T) im ersten Abgasstrang (6a) geschlossen sind. 60 65
12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die beweglichen Luftleitelemente der we-

nigstens einen weiteren Turbine (2b) ab dem Erreichen eines gegenüber dem ersten Wert geringeren weiteren Werts wieder geschlossen werden.

---

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

---

- Leerseite -

